

BEST AVAILABLE COPY

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日

Date of Application:

2 0 0 4 年 7 月 3 0 日

出 願 番 号

Application Number:

特 願 2 0 0 4 - 2 2 3 6 6 5

パリ条約による外国への出願
に用いる優先権の主張の基礎
となる出願の国コードと出願
番号

The country code and number
of your priority application,
to be used for filing abroad
under the Paris Convention, is

J P 2 0 0 4 - 2 2 3 6 6 5

出 願 人

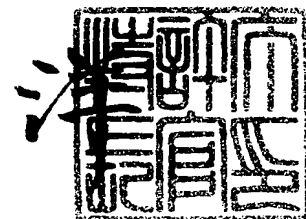
Applicant(s):

キヤノン株式会社

2 0 0 5 年 8 月 1 7 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

小 川



【官 規 則】 付 訂 願
【整理番号】 0005950-01
【提出日】 平成16年 7月30日
【あて先】 特許庁長官殿
【国際特許分類】 G01N 22/00
G01N 22/02
G01N 23/00

【発明者】
【住所又は居所】 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社内
【氏名】 尾内 敏彦

【特許出願人】
【識別番号】 000001007
【氏名又は名称】 キヤノン株式会社
【代表者】 御手洗 富士夫

【代理人】
【識別番号】 100086483
【弁理士】
【氏名又は名称】 加藤 一男
【電話番号】 04-7191-6934

【手数料の表示】
【予納台帳番号】 012036
【納付金額】 16,000円

【提出物件の目録】
【物件名】 特許請求の範囲 1
【物件名】 明細書 1
【物件名】 図面 1
【物件名】 要約書 1
【包括委任状番号】 9704371

【請求項 1】

基板上に少なくとも高周波伝送線路を形成して成るチップと、前記高周波伝送線路に高周波電磁波を伝搬させるための発生源および結合手段と、前記高周波伝送線路を伝搬する電磁波の伝搬状態を複数箇所を検出するための検出手段を有し、前記高周波伝送線路近傍に配置した物体と前記伝搬させた電磁波との相互作用を前記検出手段で複数箇所を検出することで、前記物体の空間的な電磁波との相互作用状態の分布をセンシングすることを特徴とするセンシング装置。

【請求項 2】

前記高周波を発生させる手段は、同一チップ上に高周波伝送線路に発生した電磁波が結合するように配置した光伝導素子であり、外部より前記光伝導素子において吸収する波長の光を照射して高周波電磁波を前記基板上で発生させることを特徴とする請求項 1 記載のセンシング装置。

【請求項 3】

前記高周波を発生させる手段は、同一チップ上に高周波伝送線路に発生した電磁波が結合するように配置した電流注入型の電磁波発生素子であり、外部より電力を供給させて高周波電磁波を発生、伝搬させることを特徴とする請求項 1 記載のセンシング装置。

【請求項 4】

前記電磁波の伝搬状態を複数箇所を検出する手段は、高周波伝送線路上を走査できる細線状のプローブを少なくとも含むことを特徴とする請求項 1 記載のセンシング装置。

【請求項 5】

前記電磁波の伝搬状態を複数箇所を検出する手段は、伝搬する電磁波の波長よりも $1/10$ 以下のサイズまで先端が先鋭化されたプローブを少なくとも含み、前記波長以下の領域に局在した近接場の電磁波を観察することを特徴とする請求項 1 記載のセンシング装置。

【請求項 6】

請求項 4 又は 5 記載の電磁波の伝搬状態を複数箇所を検出する手段はプローブに連続して備えられた電気光学結晶において、電磁波の伝搬状態に応じて電気光学効果の大きさが変化することを前記電気光学結晶に入射したレーザー光の偏光状態の変化として読み取ることによって検出することを特徴とする請求項 4 又は 5 のいずれか記載のセンシング装置。

【請求項 7】

前記高周波伝送線路には伝搬する電磁波を閉じ込めるための共鳴構造が備えられていることを特徴とする請求項 1 記載のセンシング装置。

【請求項 8】

基板上に少なくとも高周波伝送線路を形成して成るチップと、前記高周波伝送線路に高周波電磁波を伝搬させるための発生源および結合手段と、前記高周波伝送線路を伝搬する電磁波の伝搬状態を検出するための検出手段を有し、さらに前記高周波伝送線路近傍には物体を時間的に移動させることができる流路が配置されており、前記物体と前記伝搬させた電磁波との相互作用を前記検出手段で検出することで、前記物体の電磁波との相互作用状態をセンシングすることを特徴とするセンシング装置。

【請求項 9】

請求項 8 記載の検出手段は複数箇所に設けられており、前記流路内における物体の空間的な電磁波との相互作用状態の分布をセンシングすることを特徴とする請求項 8 記載のセンシング装置。

【請求項 10】

請求項 1 記載の高周波伝送線路が同一チップ上に互いに電磁波的な結合が小さい状態で複数並べられていることを特徴とする請求項 1 から 9 のいずれか記載のセンシング装置。

本発明は、ミリ波からテラヘルツ波領域の高周波電磁波を用いて物体の物性値等を検出するセンシング装置および方法に関する。

近年、ミリ波からテラヘルツ(THz)波にかけた電磁波(30GHz~30THz)を用いた非破壊なセンシング技術が開発されてきている。この周波数帯の電磁波の応用分野として、X線に代わる安全な透視検査装置としてイメージングを行う技術、物質内部の吸収スペクトルや複素誘電率を求めて結合状態を調べる分光技術、生体分子の解析技術、キャリア濃度や移動度を評価する技術などが開発されている。

テラヘルツ電磁波を用いたセンシングシステムとしては、特許文献1に開示されているように基板上に成膜した光伝導膜に電極を兼ねたアンテナを備えた光伝導素子を用い、これに超短パルスレーザー光を照射して発生・検出させる方法がある。テラヘルツ領域は様々な物質の吸収線が存在するために、プラスチックおよび複合材料などの検査、水分分析、生体分子の分析などへのセンシング応用が重要になりつつある。2次元的に検査物質を移動させれば電磁波の吸収率の違いなどによる2次元イメージング像を取得することもできる。

この場合、空間結像系を用いているために光軸調整が必用であること、検査物質として粉末状あるいは液体状のものを測定する場合の感度を高くすることは難しいなどがあった。そこで、近年THzの反射プリズム上に検査物質を置くことで、プリズム上面で全反射することで発生しているTHzエバネッセント波を利用してセンシングする方法が提案されている(非特許文献1)。この場合、エバネッセント波と検査物質との相互作用により吸収スペクトルなどを計測することになるので、対象物の性状が液体、粉末等でも可能となる。

【特許文献1】特開平10-104171

【非特許文献1】第51回応用物理学関係連合講演会予稿集28p-YF-7

しかしながら、上記のプリズムを用いた方法では伝搬するテラヘルツ電磁波のビーム径を小さく絞るには限界があり、典型的には波長オーダーの100 μ m程度の空間分解能しか得られない。そのため、検査物体の2次元イメージ像を観察したり、検査物体を2次元アレイ状に並べるときなどにはさらなる高分解能な計測が必用とされている。また、プリズムを用いた場合に、THz帯での低損失な光学部品は高価であり、光学系全体の小型化にも限界が生じている。また、空気中の水分の影響を受けやすいので光学系全体を窒素雰囲気にする必要があり、低コスト化の障害になっている。

そこで本発明においては、誘電体を用いた分布定数線路にTHz電磁波を伝搬させて、伝送線路近傍で空気中に染み出している電磁界(エバネッセント波など)を用いて検査物体の物性センシングを行うものである。高分解の2次元イメージ像を得るには、伝送路上に置いた検査物体近傍にTHz検出用のプローブを配し、これをスキャンすることで高い空間分解能で検査することが可能となる。この場合、波長の1/10以下の観察をTHz近接場顕微鏡として動作させて行うこともできる。プローブからのTHz電磁波は、例えば電気光学(EO)結晶のポッケルス効果として読み出し光の偏光変動として検出することができる。

THz電磁波はこの伝送路に伝搬させるために外部から照射してもよいが、この伝送路上にTHz発生源を集積化させてもよい。この場合、空気中の水分の影響を受けず、また光学調整が不要、小型ができるなどのメリットがある。THz発生源としては、光伝導素子を伝送路の一部に配置させて、外部から短パルスレーザまたは発振周波数がわずかに異なる2つのCWレーザを合波して照射する構成が可能である。THz伝送路にはTHz電磁波を効率よく閉じ込めるために、分布反射器(DBR)構造などを付加したものでよい。また、光源としては量子カスケードレーザのような小型の電流注入型デバイスを近傍にまたは同一基板上に集積して構成してもよい。

【0008】

複数のTHz伝送路2次元アレイ状に並べ、検査物体をインクジェット等で塗布すれば高速に検査するためのチップを提供することができる。マルチプローブにして複数の検査物体のTHz応答を高速に取得してセンシングすることもできる。

【0009】

検査物体は伝送路表面に塗布する以外にも、伝送路近傍に液体が通過できる流路を形成して、液体状の検査物質を流しながらあるいは逐次交換しながら高速にセンシングすることもできる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0010】

以下にテラヘルツ電磁波を用いたセンシング装置として、光伝導素子およびこれを含む集積素子の実施形態について説明するが、材料、構造、デバイスなどはここに挙げたものに限定するものではない。また、素子の使用用途や発生電磁波の性質においてもここで挙げたもの以外に様々のものが可能である。

【実施例】

【0011】

(実施例1)

本発明による第1の実施例は、図1のようなTHzセンサチップおよびそのセンシングシステムを提供するものである。センサチップ部分20は650 μ m厚の高抵抗(>1k Ω ・cm) Si基板1の上にTi/Au電極によるコプレーナストリップライン構造をした伝送線路2およびアンテナ3が形成されている。この例では、電極は20 μ m幅のストライプでストライプ間の距離を50 μ mとしたがこれに限るものではない。アンテナはダイポールアンテナになっており、外部から照射したTHz電磁波10を伝送線路2に効率よく伝搬させるようになっている。このTHz電磁波は、伝送線路のある表面側から照射してもよいが、高抵抗SiはTHz電磁波に対して吸収が少ないために基板裏側から照射してもよい。

【0012】

ここで基板としては石英やTHz領域での損失が小さい樹脂でもよい。アンテナはより帯域の広いボータイ型、ログペリ型などでもよく、伝送線路もコプレーナ線路、マイクロストリップ線路等いずれでもよい。

【0013】

伝送線路を伝搬するTHz電磁波はチップ表面に塗布された検査物体4と相互作用をして伝搬状態が変化したり、特有の分散特性を示すことで物性の検査ができる。これは、伝送線路の電磁波が空気中にも染み出して伝搬しているためである。検査物体4は典型的には外形が100 μ m弱の大きさで、図1のように伝送線路上に複数の(図1では4つだが数はこれに限らない)ドット形成ができる。

【0014】

この伝搬状態を検出するにはたとえば金属プローブ5をアンテナのように立てたものを用いる。金属プローブ5で伝送線路を伝搬する電磁波を乱して散乱された成分をZnTeなどの電気光学(EO)結晶6で受ける構成となっている。EO結晶ではTHz電磁波の振幅の大きさに応じてポッケルス効果による光の偏光状態変化として読み出す周知の技術を用いる。

【0015】

センシング系全体の説明をすると、100fsec程度のパルス幅をもつフェムト秒レーザ7の

出力を光伝導素子 12 の光出口 22 23 に分け、光起偏器では 10-40 度で研磨した光伝導素子 12 の 8 に照射して THz 電磁波パルス 10 を出力させる。プローブ側では反射器 18 や時間遅延器 11 を介して前記説明した EO 結晶 6 に入射させ、ポッケルス効果により変調された反射光を $\lambda/4$ 板 13、ウォラストンプリズム 14、2 つの光受光部 16 a、b をもつバランス受信機 15 に入射させる。時間遅延器 11 では、金属プローブ 5 で読み出す THz 電磁波と電気光学結晶 6 に照射するレーザ光が同期して所望の検体の位置の信号を読み出せるように制御する。金属プローブ 5 は、観察したい検体の領域まで移動して信号を得ることで 1 つのセンサチップ 20 上で高速に複数の検体の情報を得ることができる。通常、2 次元画像データを用いて複数のセンシングを同時に行う方法もあるが、THz 電磁波の空間分解能が波長オーダーの $100\mu\text{m}$ 以下のピッチでは観測できないとともに、感度の向上に限界があり検体の濃度や体積を必要以上に少なくすることができなかった。生体関連分子を検査する場合には極微量で検査することが望まれており、本発明によるプローブを用いた方法によれば改善することができる。さらに、プローブ先端を $10\mu\text{m}$ 以下にした近接場プローブとすれば 1 つの検体の中で $10\mu\text{m}$ 以下の空間分解能をもつ 2 次元分布まで求めることができ、たんばく質、DNA 等の高分子の結合状態分布を検査するような近接場精密測定が可能となる。

【0016】

ここでは、プローブを金属針としたが、樹脂による THz 伝送ファイバの先端を先鋭化したものや、微小開口をもつ金属導波管、フォトニック結晶ファイバ等でもよい。また、高い空間分解能を必用としない場合には電気光学結晶を直接近づける方法でももちろんよい。

【0017】

また、電気光学結晶を用いる方法以外にも光伝導素子を用いる方法や、ポロメータあるいは他の THz 電磁波を検出できるデバイスでもよい。

【0018】

図 2 はこれらをさらにアレイ化して高速に検査を行うチップ 25 の例である。図 1 の伝送線路 21 が 2 次元アレイ化され、検体 22 はアレイ化ノズル 23 によりインクジェット方式で高速に塗布できるようになっている。THz 電磁波は基板 24 の裏面からビームを広げて全体に一括して照射され（たとえば 3cm 角）、各伝送線路 21 に付加されているアンテナにより結合するようになっている。検査用のプローブ（不図示）も、必要に応じて 2 次元アレイ化されていてもよい。

【0019】

このようにプローブ方式にすることにより、サイズやシステム変更にも柔軟で、より空間分解能が高く好感度なセンサチップを提供することができる。チップ側には複雑な加工は必要なく、使い捨て方式で洗浄等必要のないセンサシステムを構築できる。

【0020】

（実施例 2）

本発明による第 2 の実施例は、図 3 のようにセンサチップ 35 の伝送線路 32 に周期的な構造をもつ分布反射領域 31 a、b を設けたものである。このような構造をもたせることで外部からアンテナ 34 に照射した THz 電磁波の特定周波数のものが効率よく閉じ込められるので、特定周波数で高感度測定する場合に有利である。

【0021】

このような構造にした場合の伝送線路内の電磁波のフーリエスペクトルのイメージを図 4 に示す。図 4 (a) は、図 1 の 8 のような光伝導素子から発生した THz 電磁波パルスのものであり、本実施例で伝送線路内に閉じ込められる電磁波のものが図 4 (b) に示されている。

DBR 反射器で形成したストップバンドが W に相当し、センシング部の長さ L によって共振モード m をストップバンド内に 1 つもしくは複数たたせることができる。

【0022】

検体 32 によっては共振周波数が増加するので、その共振点の変化を検出する方法もある。その場合、図 3 のように複数の検体がある場合には、実施例 1 のようなプローブを索引

して伝送線路内の電磁波振幅の分布をフロー上へ、ノードの両方を計測して共振体の特性を算出する方法もある。

【0023】

また、図2のようにアレイ状に並べる場合に、場所によって共振周波数を変えておけば周波数依存性を同一チップ上で高速に計測することができる。このような電磁波を閉じ込める構造としては、フォトニック結晶構造、フォトニックフラクタル構造を用いてもよい。

【0024】

（実施例3）

本発明による第3の実施例は、検体をセンサチップ表面に塗布するのではなく、図5のように液体状の検体を伝送線路と一体化して作製した流路に流して検査するものである。

【0025】

図5の例ではSi基板40上に44a,bを信号線、42を絶縁体、41をグランドプレーンとしてマイクロストリップラインがTHz伝送線路として形成されている。もちろんこれは、実施例1のようなコプレーナストリップラインでも構わない。信号線44a,bはギャップ部46により隔てられており、そのギャップ下部にはLT-GaAsのエピタキシャル層のみが転写され、光パルス照射によりTHz電磁波パルスが発生する光伝導素子45が形成されている。伝送線路の端には伝送状態を検出するためのE0結晶47も集積されていてもよい。信号線とグランドプレーンの間に流路43が典型的には $10\mu\text{m}\times 20\mu\text{m}$ のサイズで形成され矢印のように検体となる液体を流せるようになっている。この液体はマイクロポンプ、インクジェット等の方式を用いて送り出すことができる。この流路の構造体は樹脂として、BCB（サイクロテン）、ポリイミド、ポリシランなどで溝構造を形成したのち石英ガラス等で蓋59をして接着する方法が可能である。液体を入れるだけで流体として扱わないのであればフタをしない構造でもよい。また、溝の位置は信号線路の図5のように作製の容易さから横近傍設定したが、図6のように信号線の直下に流路62をおいて感度向上を図っても良い。

【0026】

THz電磁波を用いたセンシングシステムについて説明する。実施例1のようにフェムト秒レーザを用いたTHzパルス方式でもよいが、ここでは2台の半導体レーザ55a,bを用いてビートによるTHz連続波を用いる方式について説明する。55a,bは0.1~3THzの範囲で差周波を安定化できるもので、結合器58で2つのレーザ光を混合したあと5mW程度のパワーで光伝導素子のギャップ部46に照射する。すると44a,bに10V程度の電界60を印加しておけばビート周波数に相当する電磁波がマイクロストリップライン44a,bを伝搬する。伝搬する電磁波は流路43の検体と相互作用し、電磁波の状態を金属プローブ48を備えた検出用光伝導素子57で検出する。これは、光源からのレーザ光の一部を取り出して時間遅延器50で時間調整して同期検出により電流49を計測することで行う。一方、集積化したE0結晶では実施例と同様の方法で検出する。

【0027】

ビート周波数を変化させれば、0.1~3THzでの分光スペクトルを観測することができる。実施例2のような共鳴構造を設けて電磁波を強く閉じ込められるようにしてもよい。

【0028】

流体全体の特性を測定するには電気光学結晶部47で検出し、流体内部での分布を知るためにはプローブ48をスキャンしながら測定すればよい。

【0029】

本実施例においては、溶液中での測定が可能であり、物質の反応経過に応じてリアルタイムでTHz電磁波センシングが可能になる。

【0030】

（実施例4）

本実施例ではTHz光源として、量子カスケードレーザによる連続波を用いるものである。図7において、THzレーザ61からの電磁波を信号線63、誘電体64、67からなる伝送線路に結合させて伝搬させる。このTHzレーザと伝送線路を一体化した集積デバイスとし

いもよい。

【0031】

伝送線路上に検査物体65をのせて、いままでの実施例のようにプローブ66を用いて検査を行う。この場合も近接場プローブとして、 $10\mu\text{m}$ 以下の空間分解能をもつTHz近接場イメージングを行っても良い。

【0032】

本発明によるセンシング装置によれば、微量な検査物体をサンプル形態に自由度を持たせながらミリ波からテラヘルツ波領域での分光分析等を高速に行うことができる。このような分析において、2次元状の検査物体を $100\mu\text{m}$ 以下の高い空間分解能でセンシングすることができる。また、小型のセンシングチップを用いているため、全体光学系も含めて小型で低コストな前記センシング装置を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0033】

【図1】本発明による第1実施例のセンサチップとシステム全体の構造図

【図2】本発明による2次元アレイチップの斜視図

【図3】本発明による第2実施例の共鳴構造をもつセンサチップの平面図

【図4】THz電磁波のフーリエスペクトルを説明する模式図

【図5】本発明による第3実施例のセンサチップの斜視図

【図6】本発明による第3実施例のセンサチップの変形例の断面図

【図7】本発明による第4実施例のセンサチップの断面図

【符号の説明】

【0034】

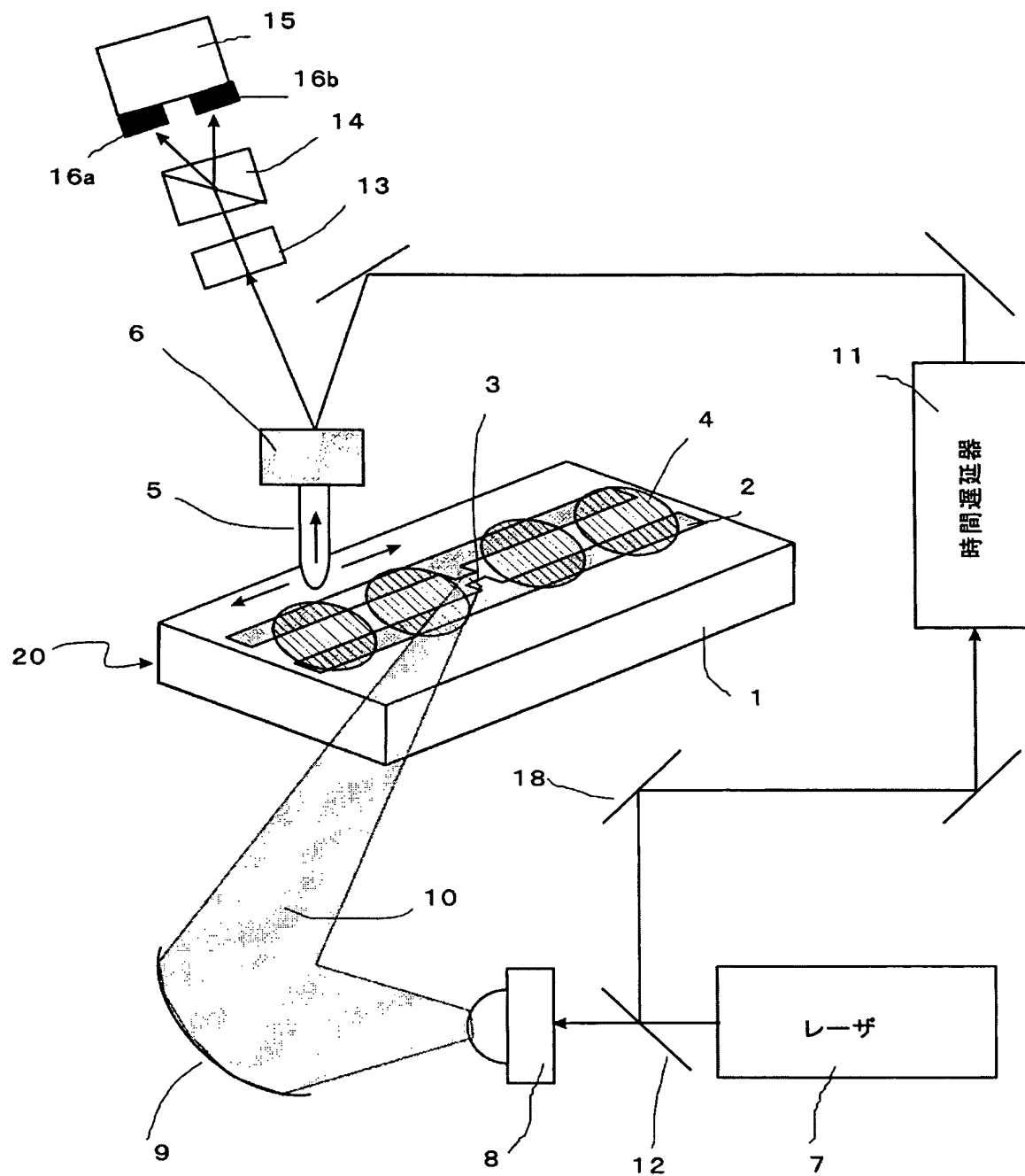
- 1、24、30、40、70…基板
- 2、21、32…伝送線路
- 3、34…アンテナ
- 4、22、33、65…検査物体
- 5、48、66…プローブ
- 6、47…電気光学結晶
- 7、55a、55b…レーザ
- 8…光伝導素子
- 9、18、56…ミラー
- 10…電磁波
- 11、50、51…時間遅延器
- 12…分岐器
- 13、52… $\lambda/4$ 板
- 14、53…偏光プリズム
- 15、54…光検出器
- 16a、16b…受光部
- 20、25、35…センサチップ
- 23…ノズル
- 31a、31b…分布反射部
- 41…グランドプレーン
- 42…絶縁体
- 43、62…流路
- 44a、44b、63…信号線
- 45、57…光伝導素子
- 46…ギャップ部
- 49…電流計
- 58…分岐結合器
- 59…蓋

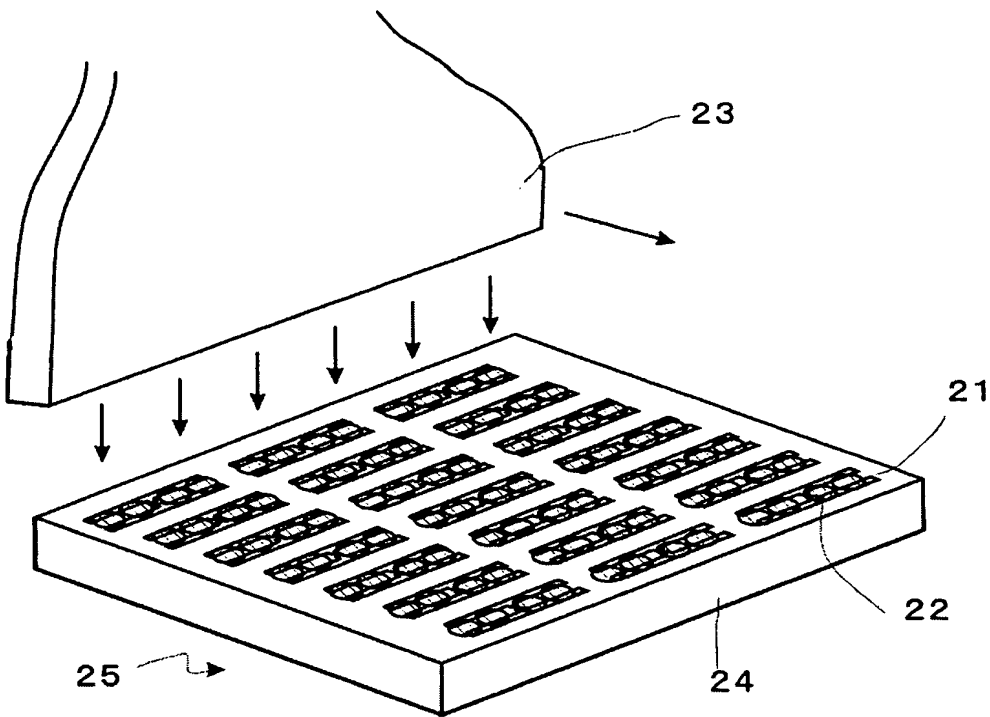
BEST AVAILABLE COPY

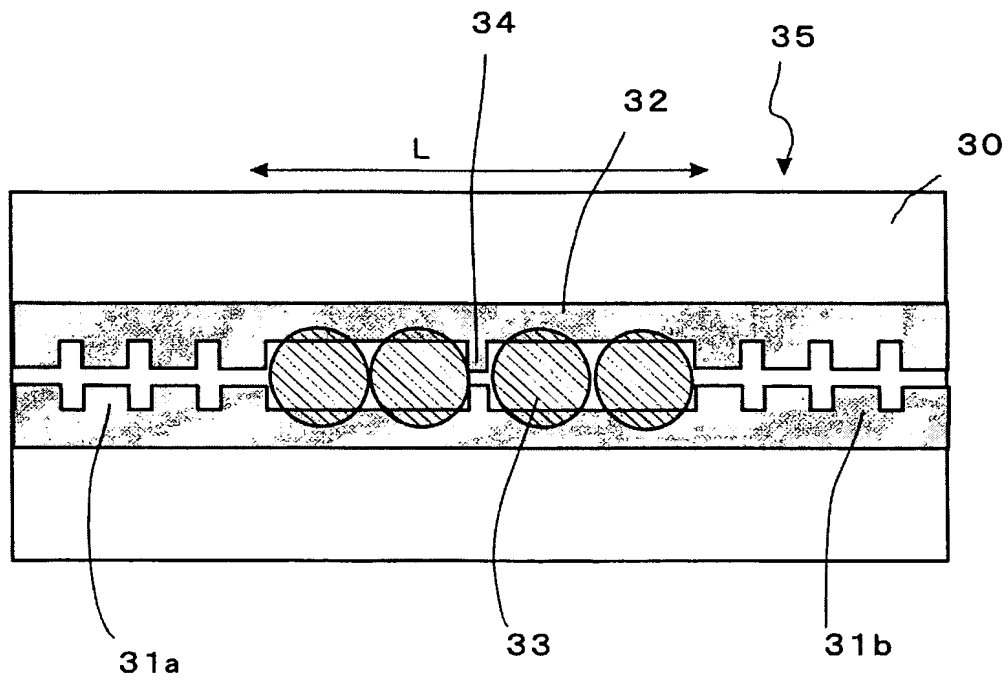
U U .. 电压源

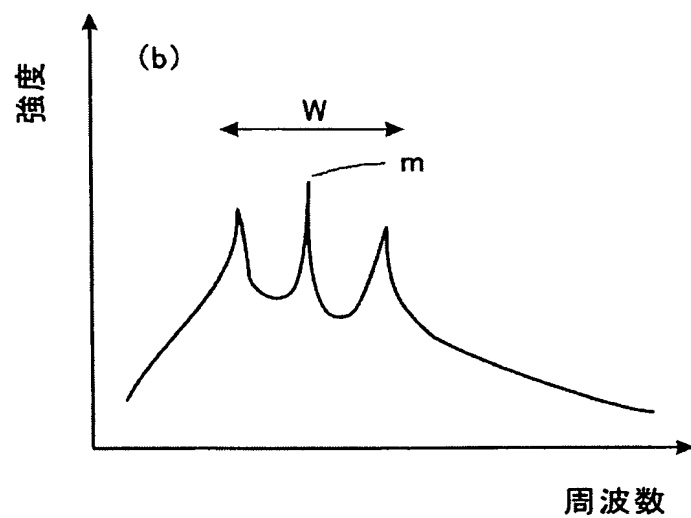
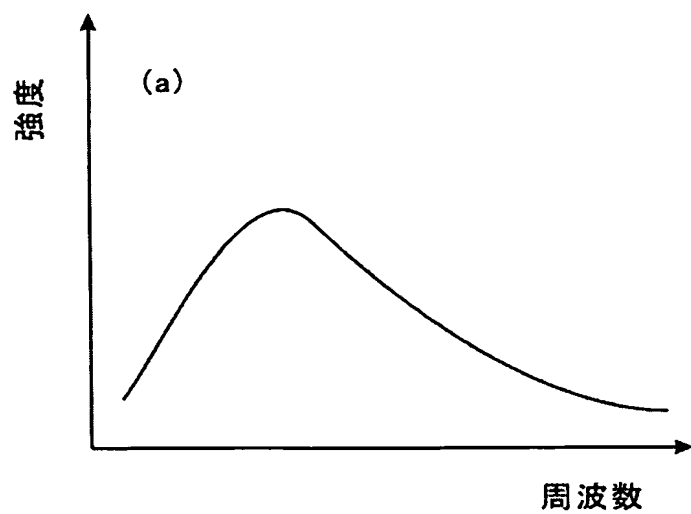
6 1 .. 電磁波発生源

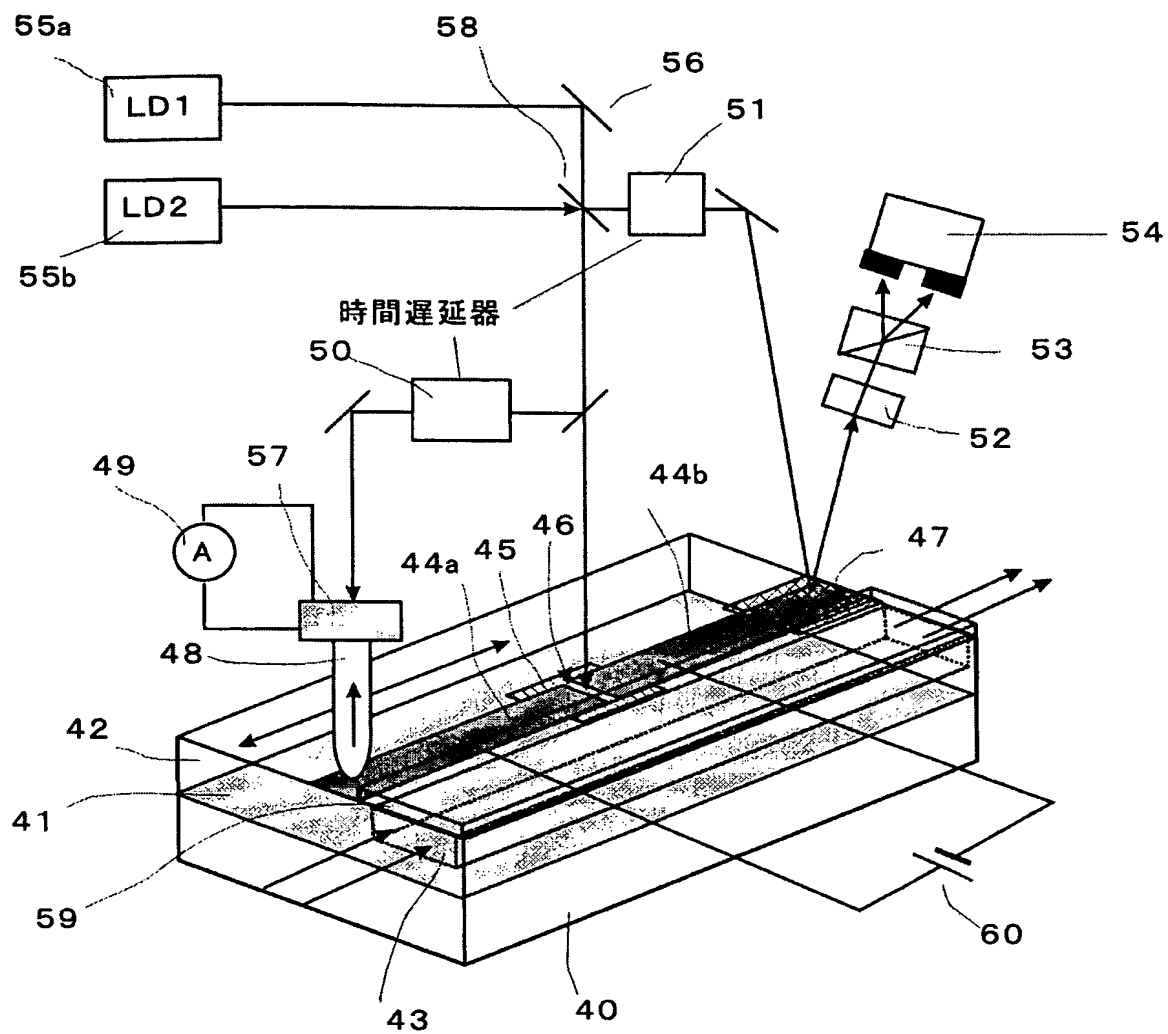
6 4 、 6 7 .. 誘電体



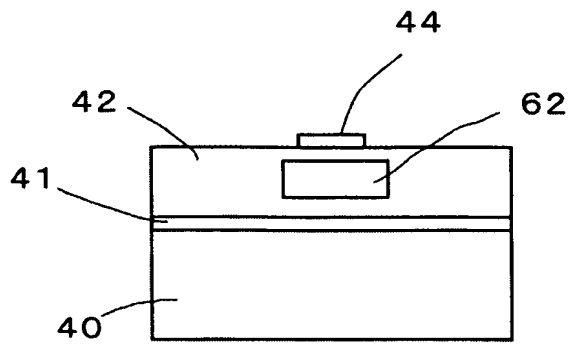




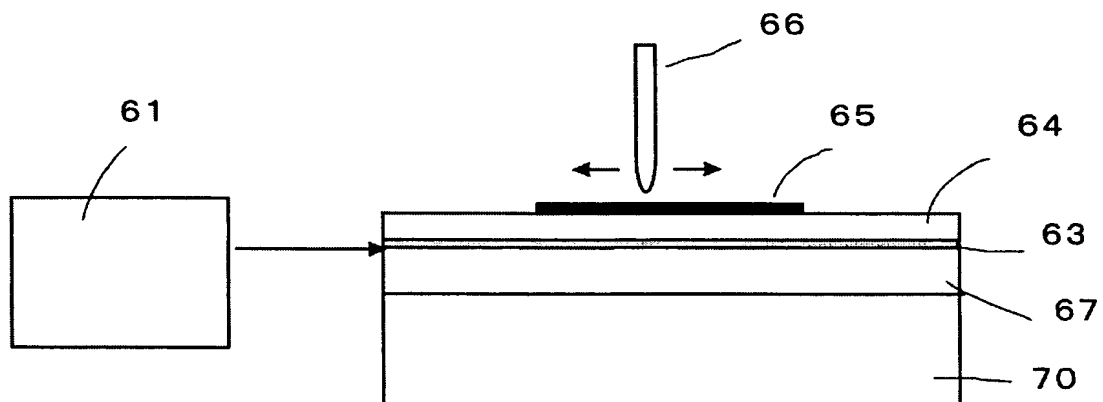




BEST AVAILABLE COPY



【 図 7 】



【要約】

【課題】誘電体を用いた分布定数線路にTHz電磁波を伝搬させて、伝送線路近傍で空気中に染み出している電磁界（エバネッセント波など）を用いて検査物体の物性センシングを行うことである。

【解決手段】基板1上に少なくとも高周波伝送線路2を形成して成るチップ20と、高周波伝送線路2に高周波電磁波10を伝搬させるための発生源7および結合手段9と、高周波伝送線路2を伝搬する電磁波の伝搬状態を複数箇所を検出するための検出手段5を有し、高周波伝送線路近傍に配置した物体4と前記伝搬させた電磁波との相互作用を検出手段5で複数箇所を検出することで、物体4の空間的な電磁波との相互作用状態の分布をセンシングする。

【選択図】図1

0 0 0 0 0 1 0 0 7

19900830

新規登録

5 9 5 0 1 7 8 5 0

東京都大田区下丸子3丁目30番2号
キャノン株式会社

Document made available under the Patent Cooperation Treaty (PCT)

International application number: PCT/JP2005/014146

International filing date: 27 July 2005 (27.07.2005)

Document type: Certified copy of priority document

Document details: Country/Office: JP
Number: 2004-223665
Filing date: 30 July 2004 (30.07.2004)

Date of receipt at the International Bureau: 01 September 2005 (01.09.2005)

Remark: Priority document submitted or transmitted to the International Bureau in compliance with Rule 17.1(a) or (b)



World Intellectual Property Organization (WIPO) - Geneva, Switzerland
Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle (OMPI) - Genève, Suisse

BEST AVAILABLE COPY